STATENS BYGGE- OG
EIENDOMSDIREKTORAT
2715*11.2.80

NESNA PEDAGOGISKE HØGSKOLE
NYBYGG

Orienterende grunnunder-
søkelser.
Vurderinger.

o.3194 8. februar 1980

Innhold.

0. Sammendrag
1. Innledning
2. Utførte boringer
3. Laboratorieundersøkelser
4. Grunnforhold
5. Prosjekt
6. Graveforhold
7. Fundamentering

Bilag.

1. Situasjonsplan
2. Profil I
3. Profil II
4. Profil III
5. Borprofil, hull 1
6. Borprofil, hull 6
7. Borprofil, hull 12
8. Ødometerforsøk
9. Treaksialforsøk, lab. 05
10. Treaksialforsøk, lab. 13
11. Foreløpig prosjekt
12. Graveplan, prinsippforslag

Tillegg.

I. Markundersøkelser
II. Laboratorieundersøkelser
III. Spesielle undersøkelser

0. SAMMENDRAG.

Grunnen består i hovedtrekk av et øvre lag av kalk-konkresjoner, kalksand og leire og derunder meget bløt leire til dybde 10 - 11 meter under terreng. Derunder er fastheten noe økende og fra dybde 16 - 19 meter under terreng viser sonderboringene overgang til relativt fast grunn. Grunnvannstanden står omkring 0,6 - 0,75 meter under terreng.

For å kunne grave til den antydede nødvendige dybde kreves avlastning av terrenget utenfor utgravningen samt slake graveskråninger. Maksimal stabil grave-dybde uten avlastning er omkring 2,3 - 2,5 meter under terreng. Det kan ventes en del problemer i forbindelse med vannstrøm, samt lite bæredyktig grunn i de dypeste utgravninger.

Det må ved direkte fundamentering anvendes meget lave sålettrykk. Ved fundamentering i den øvre kalk-sandholdige massen tilrås komprimering av grunnen med lett vibrerende utstyr. Det samme gjelder før utlegging av eventuell fylling for gulv på grunnen.

Grunnen er relativt setningsgivende for tilleggs-belastninger. I siste avsnitt er gitt eksempler på beregningsmessige setningsstørrelser.

Pelefundamentering er ikke nærmere vurdert, men kan være et alternativ hvis de ventede setninger finnes uakseptable. Generelt synes spissbærende betong-peler til det faste lag teknisk godt brukbart.

Vi forutsetter behov for supplerende vurderinger under det videre arbeide med prosjektet og står i den for-bindelse gjerne til tjeneste.

OTTAR KUMMENEJE

Jarle Th. Nestvold

Harald R. Jensen

1. INNLEDNING.

Etter anmodning av Nordland Teknikk på vegne av Statens Bygge- og Eiendomsdirektorat, har vi utført grunnundersøkelser for utvidelse av Nesna Pedagogiske Høgskole.

Skoleanlegget planlegges utvidet ved utbygging øst og nord for bestående bygninger. Undersøkelsene er lagt opp med sikte på en generell kartlegging av grunnforholdene på det aktuelle tomteområdet.

2. UTFØRTE BORINGER.

Markarbeidet er utført i tiden 27.11. - 07.12. 1979 og omfatter dreiesonderinger i 12 punkter supplert med prøvetaking i 3 av punktene. Videre er utført poretrykksmålinger i 2 dybder i ett av punktene.

Sonderingene er avsluttet i dybder 13 - 20 meter under terreng, de dypeste i relativt fast lag. Prøvetakingene er utført med Ø 54 mm sylinderprøvetaker. Til sammen er tatt opp 20 stk. sylinderprøver til maks. dybde 15 meter under terreng. Poretrykksmålinger er utført i dybde 3 og 6 meter ved borhull 6, sentralt på tomten. Ellers er grunnvannstanden observert i prøvetakingshullene.

Borpunktenes plassering fremgår av bilag 1, mens sonderingsmotstand og målt poretrykk er vist grafisk i profilene i bilagene 2 - 4, hvor også forenklet jordartsbeskrivelse er gitt.

Utstikking av borpunkter er utført i forhold til eksisterende bygninger ved skolen. Borpunktenes høyde er bestemt ved nivellement utført av Nesna Ingeniørkontor. Profilene er tegnet på grunnlag

av høyden ved borpunktene.

En generell beskrivelse av bore- og undersøkelses-metodene er gitt i tillegg I.

3. LABORATORIEUNDERSØKELSER.

De opptatte jordartsprøver er rutineundersøkt i vårt laboratorium med resultater som vist i bor-profilene, bilagene 5 - 7.

Videre er grunnens setningsegenskaper undersøkt ved utførelse av konsolideringsforsøk i ødometer på 4 prøver. Resultatet er gitt grafisk i bilag 8.

I tillegg er for bestemmelse av grunnens effektive styrkeparametre utført treaksialt belastningsforsøk på 4 prøvestykker. Resultater og tolkning fremgår av bilagene 9 - 10.

Undersøkelsesmetodene i laboratoriet er generelt beskrevet i tilleggene II og III.

4. TERRENG- OG GRUNNFORHOLD.

Nåværende terreng er tilnærmet horisontalt omkring kote +12,3 - +12,8.

Sonderingene indikerer temmelig ensartede grunn-forhold på området. I et øvre 1 - 2 meter tykt lag er sonderingsmotstanden liten, videre er motstanden meget liten med synk av boret uten dreining til dybde 10 - 11 meter under terreng. Derunder er det en viss økning i sonderingsmot-standen og i dybde fra 16 - 19 meter under terreng er det registrert overgang til relativt fast grunn.

Fjell er ikke registrert ved boring til maksimalt 20 meters dybde.

Grunnvannstanden er i prøvetakingshullene registrert i dybde 0,6 - 0,75 meter under terreng. Målt poretrykk i dybde 3,0 og 6,0 meter sentralt på tomten tilsvarer hydrostatisk trykkfordeling fra ca. 0,8 meter under terreng.

Prøvetakingene viser at grunnen består av et øvre 2,4 - 2,9 meter tykt lag av blandede masser, med humus øverst og videre av vekslende lag av kalkkonkresjoner, skjellsand, sand og leire. Derunder består grunnen av meget bløt leire, som er homogen de første 2 - 4 meter. Videre til maksimal prøvetakingsdybde 15 meter, er leira noe lagdelt med tynne siltlag.

Leira er til dels noe sensitiv, dvs. den taper lett fasthet ved bearbeiding (blir tilnærmet flytende). Udrenert skjærstyrke på grunnlag av konusforsøk varierer omkring 10 kN/m^2. Ved treaksialforsøkene er registrert noe høyere udrenert skjærstyrke, opptil 17 - 20 kN/m^2.

Effektive styrkeparametre i leira kan på grunnlag av treaksialforsøkene angis til attraksjon $a = 10\ kN/m^2$ og friksjon $tg\ \phi = 0,4$ (karakteristisk styrke).

De utførte konsolideringsforsøk tyder på at grunnen må karakteriseres som setningsgivende for tilleggsbelastninger. Det er registrert en viss forkonsolideringseffekt, opp til 75 - 100 kN/m^2, men kompresjonsmodulen kan neppe settes høyere enn $M = 1500 - 2000\ kN/m^2$. Videre fra 75 - 100 kN/m^2 er modulen lineær med modultall $m = 16 - 19$.

Konsolideringstiden er ifølge forsøkene relativt lang, med registrert konsolideringskoeffisient c_v = 3 - 11 m^2/år.

Forøvrig henvises til fremstilling i bilagene for oversikt samt flere detaljer vedrørende grunnforhold.

5. PROSJEKT.

Omrisset av det foreløpige prosjekt er vist i bilag 11. Utbyggingen (1. byggetrinn) dekker totalt et grunnareal av størrelse ca. 2700 m^2.

Anlegget skal bestå av en undervisningsfløy i to etasjer, delvis med kjeller, svømmehall og idrettshall i en etasje samt diverse mellombygg, alt utført med bærekonstruksjoner av betong.

Gulv 1. etasje er lagt 0,8 meter høyere enn utvendig terreng. Gulv i idrettshallen er vist senket 3 meter i forhold til gulv i 1. etasje, alternativt i samme nivå.

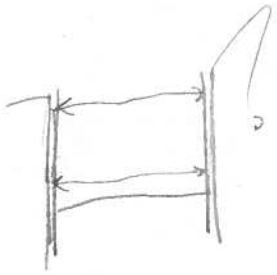
Innvendig bunn i svømmebassenget, som har grunnflate 8,5 m x 25 m, vil ifølge planene på det dypeste ligge 3,30 meter under gulv 1. etasje. Forutsatt bunnplatetykkelse 30 cm og 5 - 10 cm magerbetong gir dette nødvendig gravedybde ca. 3,0 meter under terreng.

De kjellerløse partier er antydet fundamentert i frostsikker dybde.

6. GRAVEFORHOLD.

Ved de foreløpige planer er som nevnt største nødvendige gravedybde for svømmebassenget ca. 3,0 meter og for idrettshallen noe i underkant av 3 meter.

Stabilitetsberegninger på grunnlag av de fremlagte resultater, viser at utgraving til denne dybde krever spesielle stabiliserende tiltak. Muligheter for endringer som kan redusere nødvendig gravedybde bør vurderes.



Da grunnen er meget bløt og dybden til fastere lag er stor, vil spunting i dette tilfellet ikke være et brukbart middel til oppstøtting av utgravningen.

Ved utførelse som vist i prinsipp i tegning nr. 12, dvs. nedplanering av graveskråninger til helning 1:2,5, samt avlastning av terrenget i bredde 6,0 meter utenfor graveskråningene, antas utgravningen å kunne gjennomføres. Den beregningsmessige stabiliteten er imidlertid fortsatt lav, og utgravning forutsettes utført etter en nøye utarbeidet plan. Gravemassene må transporteres bort fra området eller deponeres utenfor den sone som influerer på stabiliteten av byggegropen. Utgravningen kan ikke utføres i en operasjon. Først må nedplaneringen foretas, deretter videre graving med fortløpende borttransport av gravemassen. Utgravningen kommer ned under grunnvannstanden og det kan ventes en del ulemper i forbindelse med vannstrøm i graveskråningene. Effektiv drenering av byggegropen er en forutsetning.

Ned mot leira må utgravningen utføres med bakgraver, som i størst mulig grad må unngå å forstyrre massen

under graveplanet. Utgravningen kommer ned i leire som ved bearbeiding kan bli meget bløt og ikke trafikkerbar.

For å etablere arbeidsplattform for det videre fundamenteringsarbeid tilrås utlagt fiberduk på leira som underlag for min. 5 cm magerbetong.

Dersom gravedybden kan reduseres til under 2,3 - 2,5 meter fra terreng, kan utgravningen utføres i ett trinn uten utvendig avlastning. Slake graveskråninger og borttransport av massene må fortsatt forutsettes.

7. FUNDAMENTERING.

Bæreevne- og setningsmessig synes forholdene på tomten heller dårlige.

De øvre blandede masser, bestående av kalkkonkresjoner, sand og leire, kan til dels ha en nokså åpen struktur. Massen gir imidlertid brukbar bæreevne og er setningsmessig neppe ugunstigere enn den underliggende bløte leire. Massen vil kunne ta komprimering og for fundamenter i disse blandede masser vil vi tilrå å komprimere graveplanum før støp av fundamenter. Komprimeringen kan f.eks. utføres ved 3 - 4 overfarter med vibroplate. Av hensyn til forholdene vil det her ikke være gunstig å benytte tungt komprimeringsutstyr.

Ved direkte fundamentering ned mot eller i leira vil en bæreevnemessig måtte anvende meget lave såletrykk, for bruddgrensetilstanden i området 55 - 80 kN/m^2 avhengig av minste fundamentdybde under inntilliggende terreng eller gulv. For fundamenter i den øvre varierende masse bør det etter

vår vurdering også anvendes samme lave såletrykk som angitt for leira.

Ved fastsettelse av såletrykk på grunnlag av de angitte effektive styrkeparametre får en verdier som beregningsmessig gir grunnbrudd på basis av registrert udrenert skjærstyrke. Etter vår oppfatning må en derfor i dette tilfellet legge mest vekt på den sannsynligvis meget lave udrenerte skjærstyrke i leira.

Setninger.

Fullstendig setningsvurdering forutsettes utført på grunnlag av nærmere planer for prosjektet. På nåværende stadium er utført et par beregningseksempler for å antyde hvilke setningsstørrelser en kan vente.

For driftsklart svømmebasseng med underkant bunnplate 3 meter under terreng, vil netto tilleggsspenning bli ca. 15 kN/m^2. Dette gir en beregningsmessig totalsetning av størrelse 6 - 7 cm.

For en bankett med bredde 2 meter og setningsgivende tilleggsspenning 40 kN/m^2 er beregningsmessig totalsetning 6 - 7 cm. Tilsvarende for et søylefundament med sidekant 2 meter og samme tilleggsspenning er ca. 4 cm.

Belastning fra fylling (f.eks. for gulv på grunnen) av høyde ca. 1 meter gir beregningsmessige setninger av størrelse 10 cm. Eventuell fylling for gulv forutsettes utlagt etter fjerning av det øvre humuslaget. Før fyllmasser tilføres tilrås grunnen komprimert med vibroutstyr. Fyllingen må legges ut og komprimeres lagvis.

Den beregningsmessige konsolideringstiden er lang, for vanlige fundamenter 2 - 3 år og øker ved belastninger av større utstrekning, og er f.eks. for svømmebassenget mer enn 10 år. Dette må betraktes som grove overslag da måleverdiene viser stor spredning.

Ved ujevne belastninger, f.eks. fylling for gulv på grunnen inntil et parti med kjeller, må en vente differansesetninger. Forøvrig kan en ved jevne belastninger regne med nokså jevne setninger. Den øvre blandede masse kan sannsynligvis være variabel setningsmessig, men på grunn av liten lagtykkelse og forutsatt komprimering, vil denne få mindre betydning sammenlignet med den underliggende bløte leira.

BORPROFIL

HULL: 1 TERR.NIVÅ: ca.+12,55 PRÖVE Φ: 54 mm.

Dybde m	Jordart	Sign.	Lab.nr	Vanninnhold (w) i %	Romvekt kN/m³	Udrenert skjærstyrke (s_u) i kN/m²	Sensitivitet
	HUMUS (matjord)			GV (des.-79)			
	SKJELLSAND		01	140,0	15,6		
	LEIRE, siltig og KALKKONKRESJONER		02		16,7		5 6
	homogen		03		18,1 (18,6)		5 6 (3)
5			04		19,0 (18,6)		(4) (2)
	LEIRE,		05		18,9 (19,0)		7 8
	noe lagdelt m. tynne siltlag		06		19,1 (19,2)		(8) (9)
10			07		18,9 (19,0)		
			08		19,2 (19,1)		(6) 6 (5)

Vanninnhold (w) i %: 20 30 40 50

Udrenert skjærstyrke (s_u) i kN/m²: 10 20 30 40 50

Siv. ing.
OTTAR KUMMENEJE
TRONDHEIM
BODØ — TROMSØ

Sted: Nesna Pedagogiske Högskole Mnd/år: 12 / 79

SYMBOLER:
Enkelt trykkforsök: (strek angir def.% v/brudd)
Konusforsök - Omrört: ▼ Uforstyrret: ▽
Penetrometerforsök: □
Konsistensgrenser: w_P ⊢——⊣ w_L

OPPDRAG: 3194
BILAG: 5
TEGN.NR.: 05

BORPROFIL

HULL: 6 TERR.NIVÅ: ca. +12,5 PRÖVE Φ: 54 mm.

Dybde m	Jordart	Sign.	Lab.nr	Vanninnhold (w) i %	Romvekt kN/m³	Udrenert skjærstyrke (s_u) i kN/m²	Sensitivitet
	HUMUS (matjord)			GV (des. - 79)			
	KALKKONKRESJONER		09	62,6; 67,4; 70,4; 63,3	14,3		
	SKJELLSAND			58,7	15,6		
	SAND, fin		10	60,5			
	LEIRE, og KALKKONKRESJONER		11		17,1	(▽) (▽)	(7) (6)
	homogen		12		18,5 (18,6)		
			13		18,9 (18,8)	▽ ▽	8 7
	LEIRE,						
	noe lagdelt m. tynne siltlag		14		19,0 (19,3)	(▽)	(3)
			15		19,3 (19,5)	(▽)	3 4

Siv. ing.
OTTAR KUMMENEJE
TRONDHEIM
BODØ — TROMSØ

Sted: Nesna Pedagogiske Högskole Mnd/år: 12/79

SYMBOLER:
Enkelt trykkforsök: (strek angir def.% v/brudd)
Konusforsök - Omrört: ▼ Uforstyrret: ▽
Penetrometerforsök: □
Konsistensgrenser: w_p ⊢——⊣ w_L

OPPDRAG: 3194
BILAG: 6
TEGN. NR.: 06

BORPROFIL

HULL: 12 TERR.NIVÅ: ca. +12,4 PRÖVE Φ: 54mm.

Dybde m	Jordart	Sign.	Lab.nr	Romvekt kN/m³	Sensitivitet
	HUMUS (matjord)				
	SKJELLSAND		16	16,4	6
	LEIRE, siltig og KALKKONKRESJONER		17	16,8	5
	homogen		18	18,3 (18,5)	(4) (4) (3)
	LEIRE		19	18,5 (18,9)	
5	noe lagdelt m. tynne siltlag		20	18,8 (19,5)	(4) (2)
10					

Vanninnhold (w) i % — 20 30 40 50

GV (des.-79)

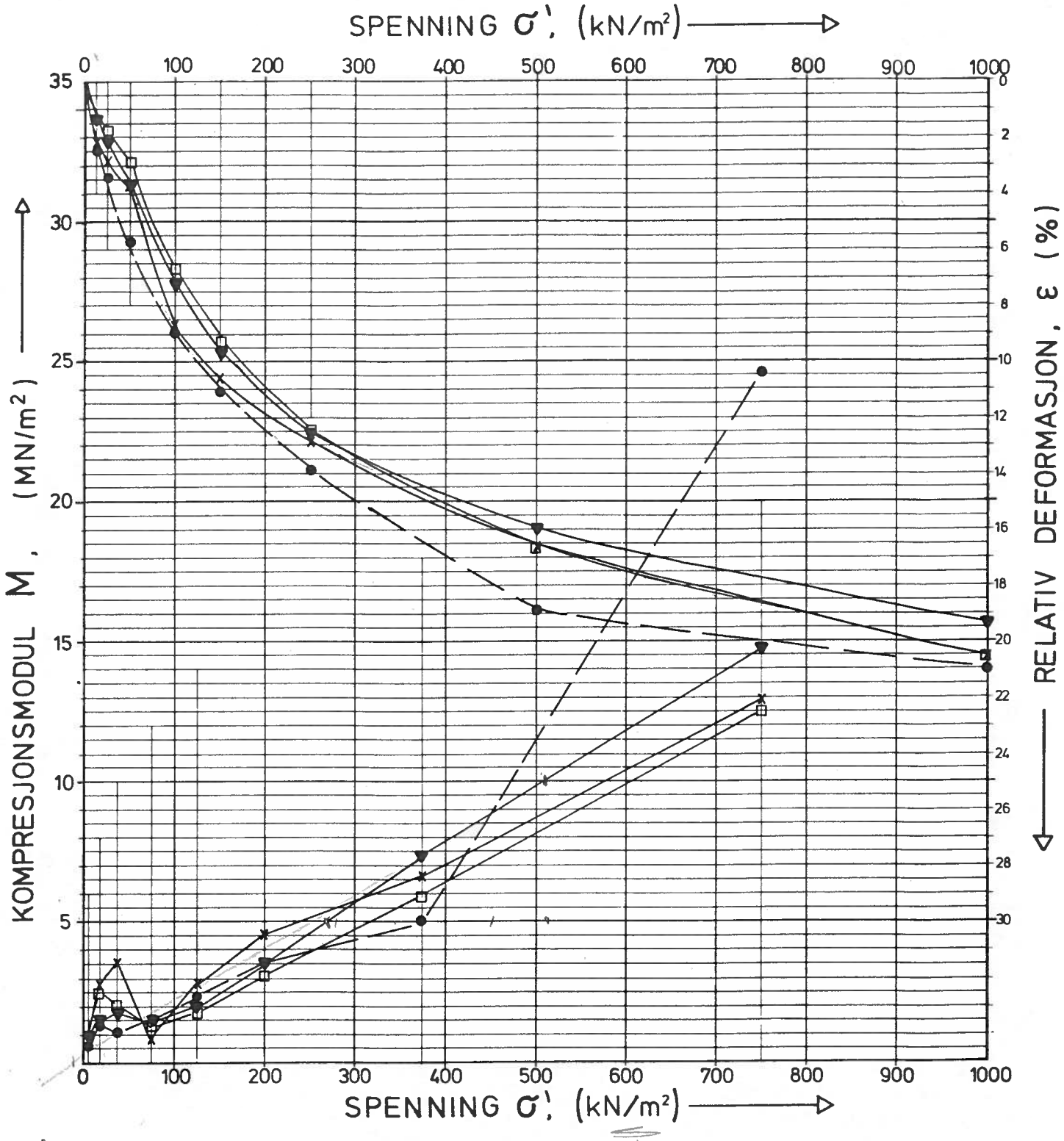
Udrenert skjærstyrke (s_u) i kN/m² — 10 20 30 40 50

Siv. ing.
OTTAR KUMMENEJE
TRONDHEIM
BODØ — TROMSØ

Sted: Nesna Pedagogiske Högskole Mnd/år: 12/79

SYMBOLER:
Enkelt trykkforsök: (strek angir def.% v/brudd)
Konusforsök - Omrört: ▼ Uforstyrret: ▽
Penetrometerforsök: □
Konsistensgrenser: w_P ⊢——⊣ w_L

OPPDRAG: 3194
BILAG: 7
TEGN.NR.: 07



PRØVEDATA, Sted: NESNA PEDAGOGISKE HÖGSKOLE Mnd/år: 01 / 80

LAB. NR:	HULL NR:	DYBDE:	p_o' (kN/m²)	p_c' (kN/m²)	OCR	JORDART	ANM.
03	1	2,60	25			Leire, homogen	●
05	1	6,60	59			Leire, litt lagdelt	▼
18	12	2,55	25			Leire, homogen	×
13	6	6,5	58			Leire, litt lagdelt	□

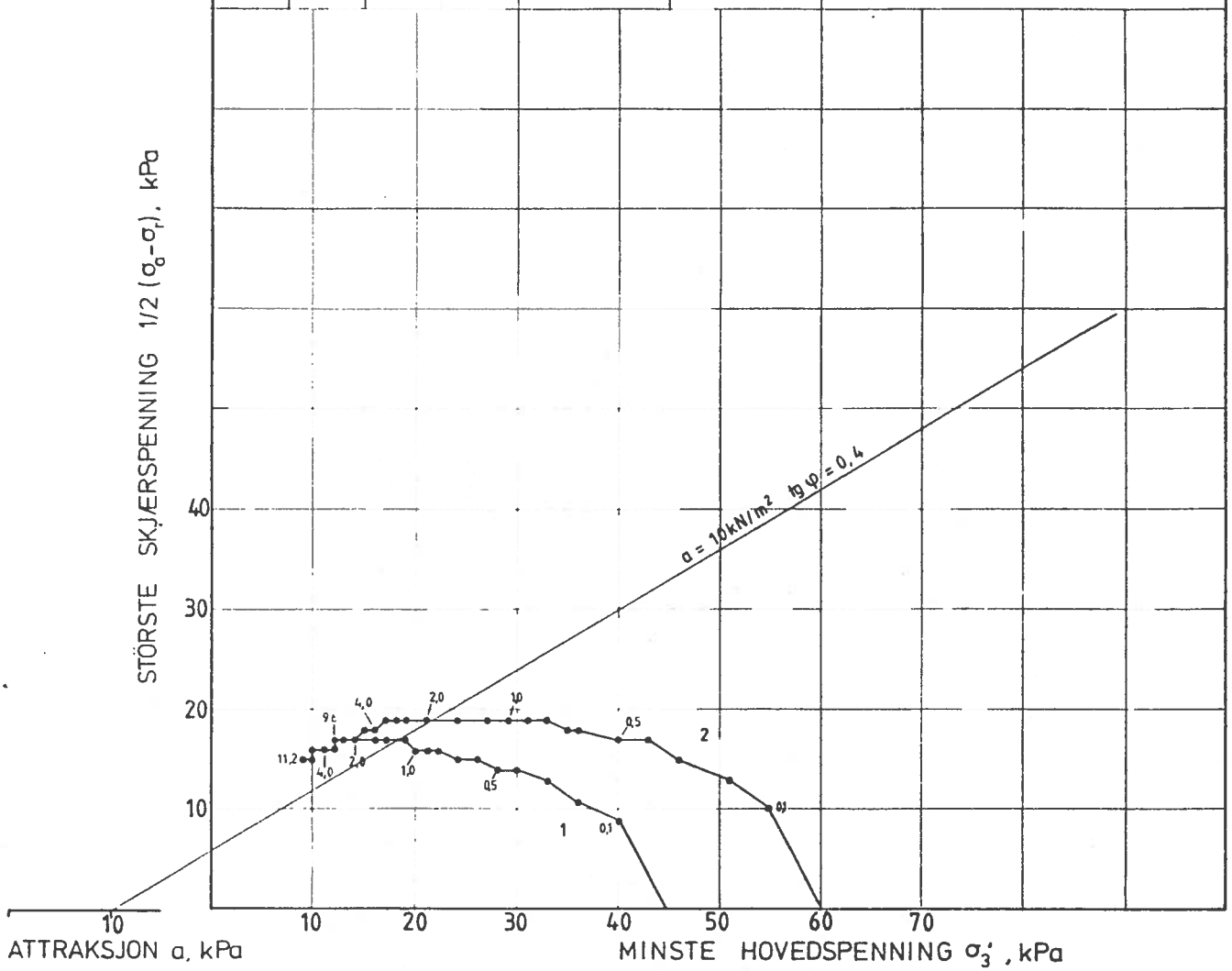
Siv. ing.
OTTAR KUMMENEJE
TRONDHEIM
BODØ — TROMSØ

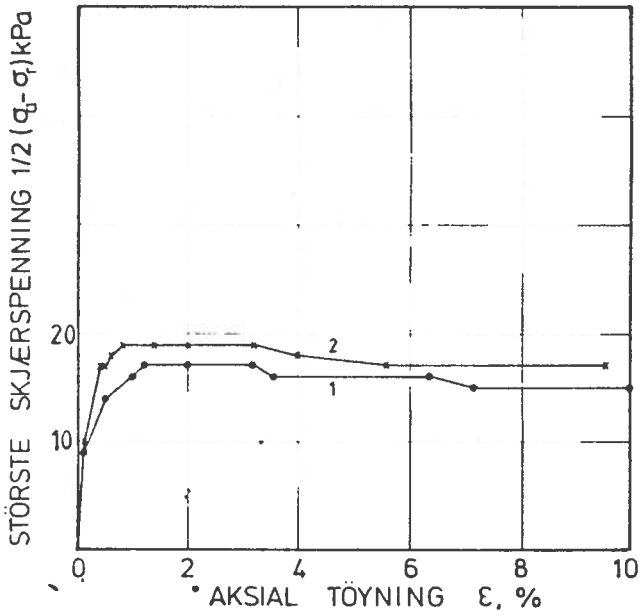
BELASTNINGSFORSØK I ØDOMETER

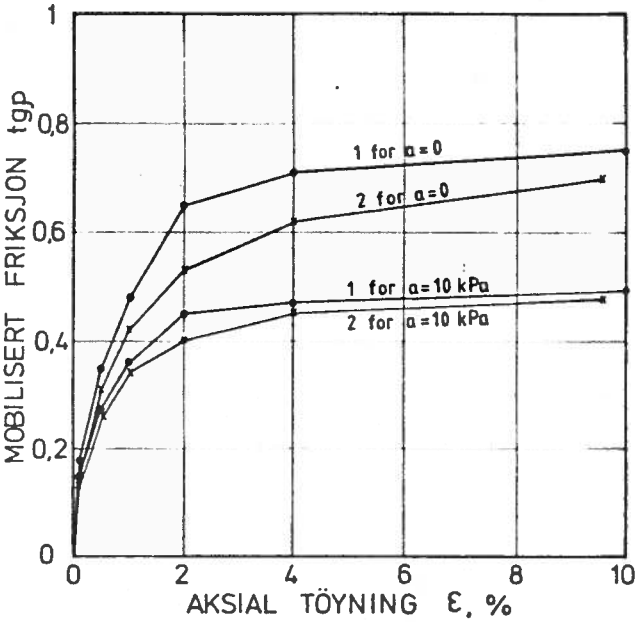
Relativ deformasjon og kompresjonsmodul

OPPDRAG: 3194
BILAG: 8
TEGN.NR: 08

HULL NR	LAB NR	PROVE NR.	DYBDE m	EFF. OVERLAG. SPENN, kPa	FORKONS SPENN, kPa	ANM
1	05	1	6,40	57	45	Leire, litt lagdelt m tynne siltlag
		2	6,50	58	65	

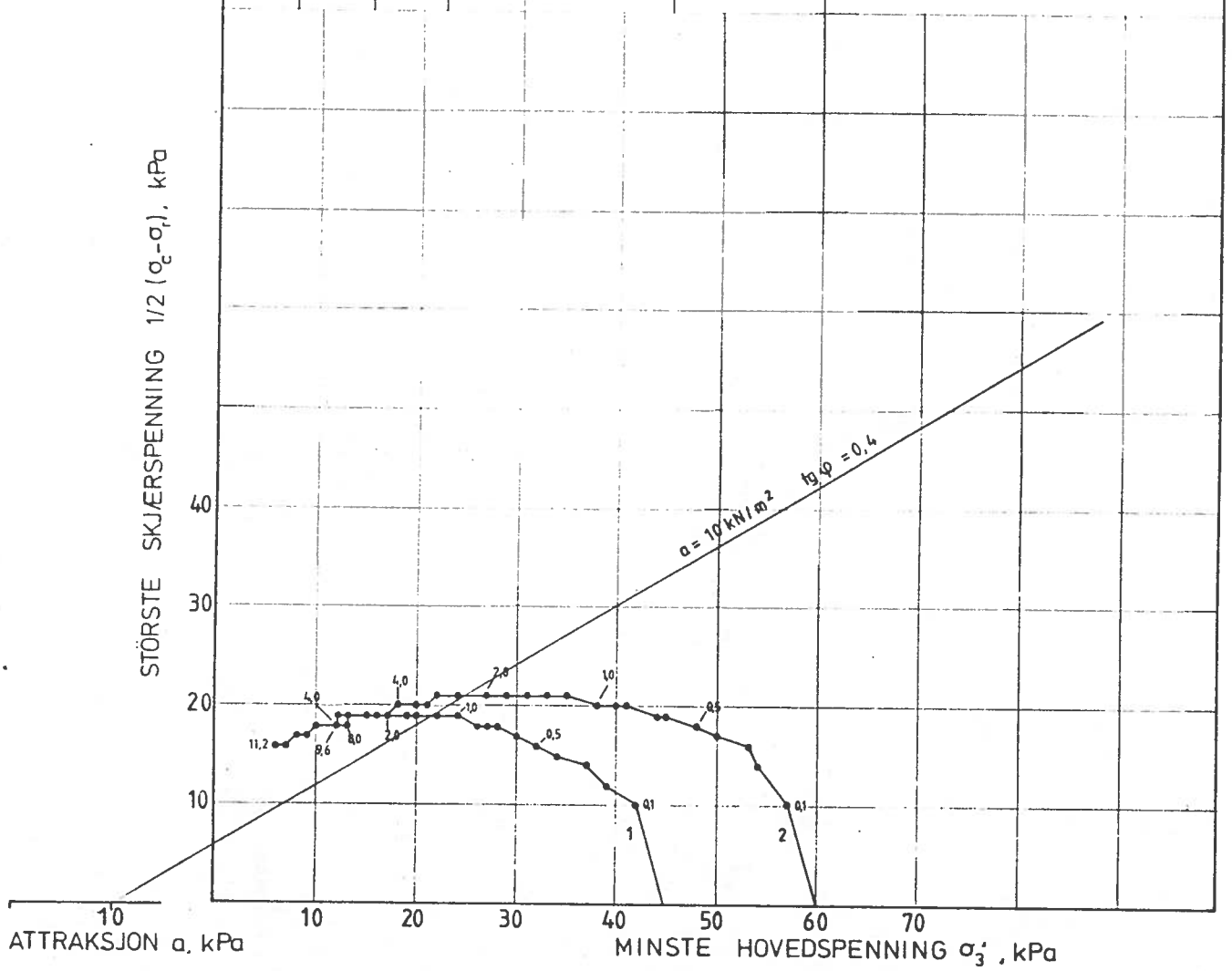


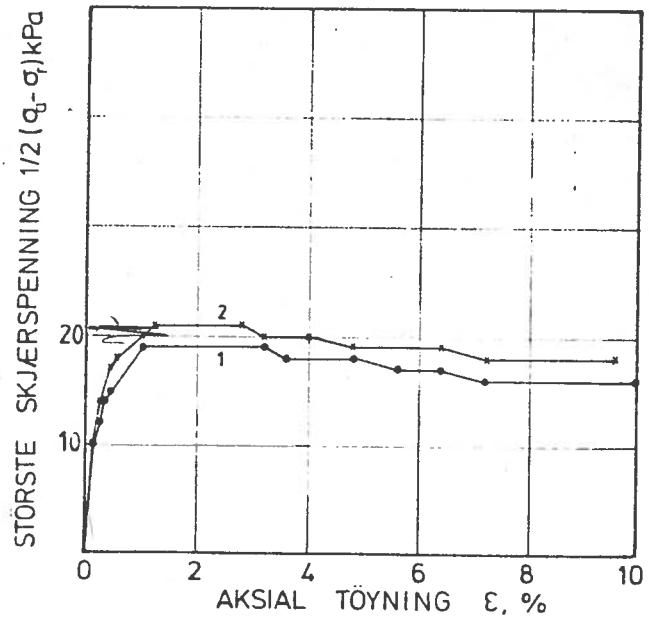


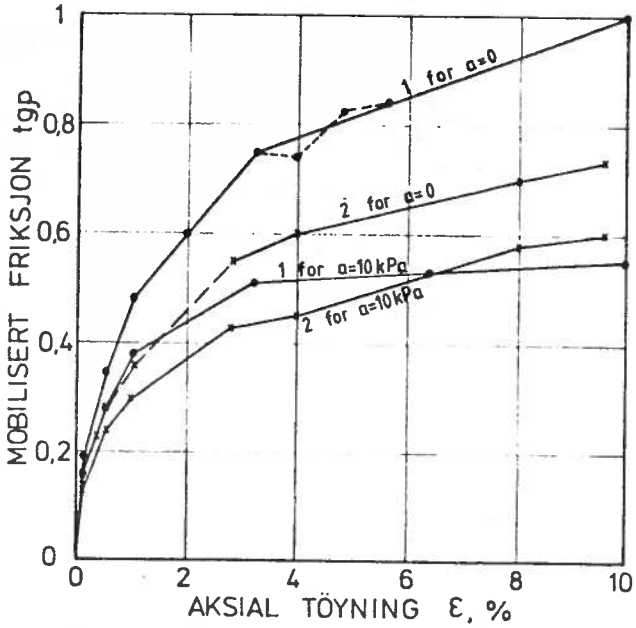


Siv. ing. OTTAR KUMMENEJE TRONDHEIM BODØ TROMSØ	NESNA PEDAGOGISKE HÖGSKOLE	MÅLESTOKK ———	OPPDRAG 3194
	Treaksialförsök, lab. nr. 05	TEGNET AV K.St./HRJ./00	BILAG 9
		DATO 01. 80	TEGN. NR. 09

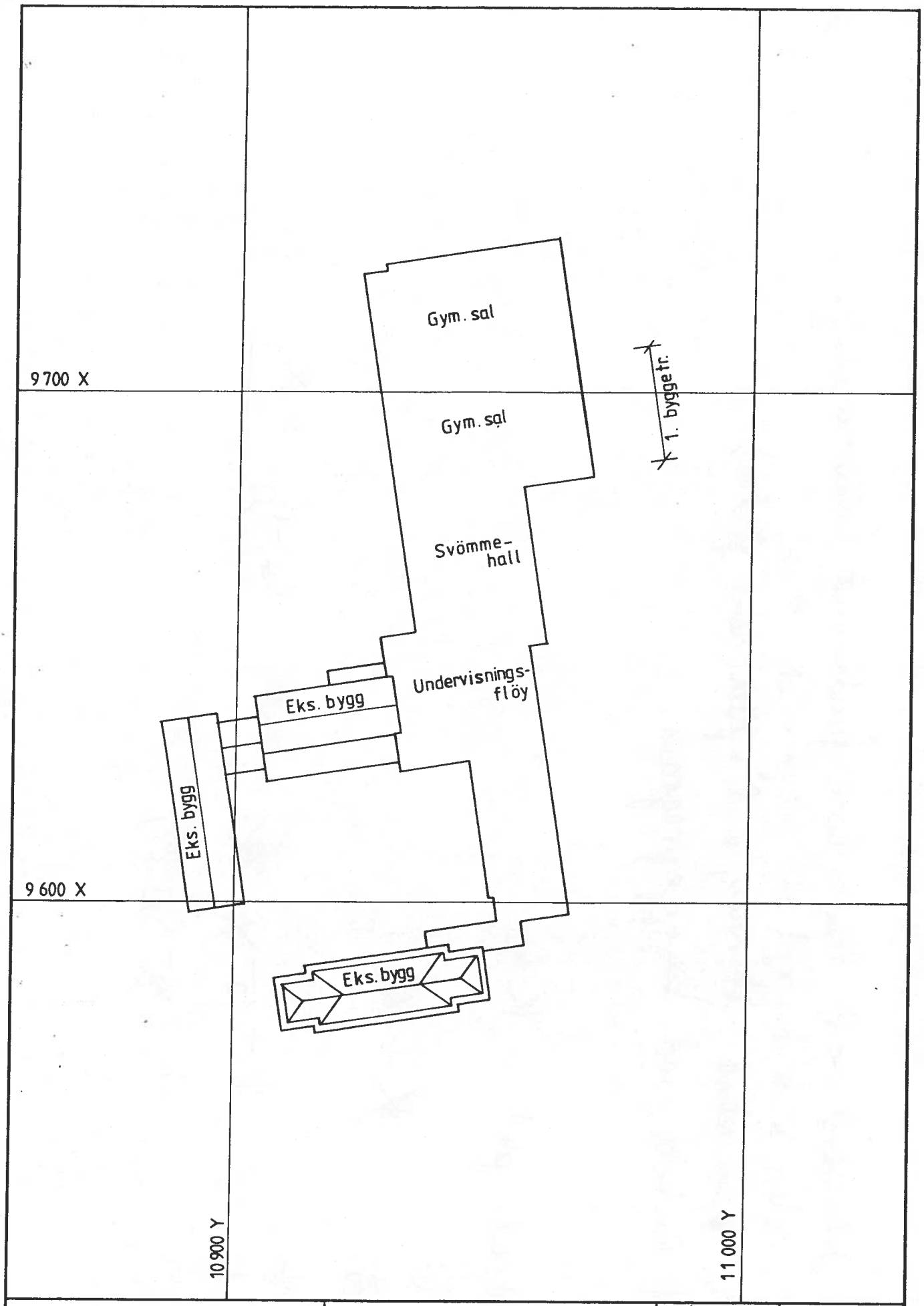
HULL NR	LAB NR	PRØVE NR	DYBDE m	EFF.OVERLAG SPENN, kPa	FORKONS. SPENN, kPa	ANM.
6	13	1	6,65	59	45	Leire, noe lagdelt m. tynne siltlag
		2	6,75	60	60	



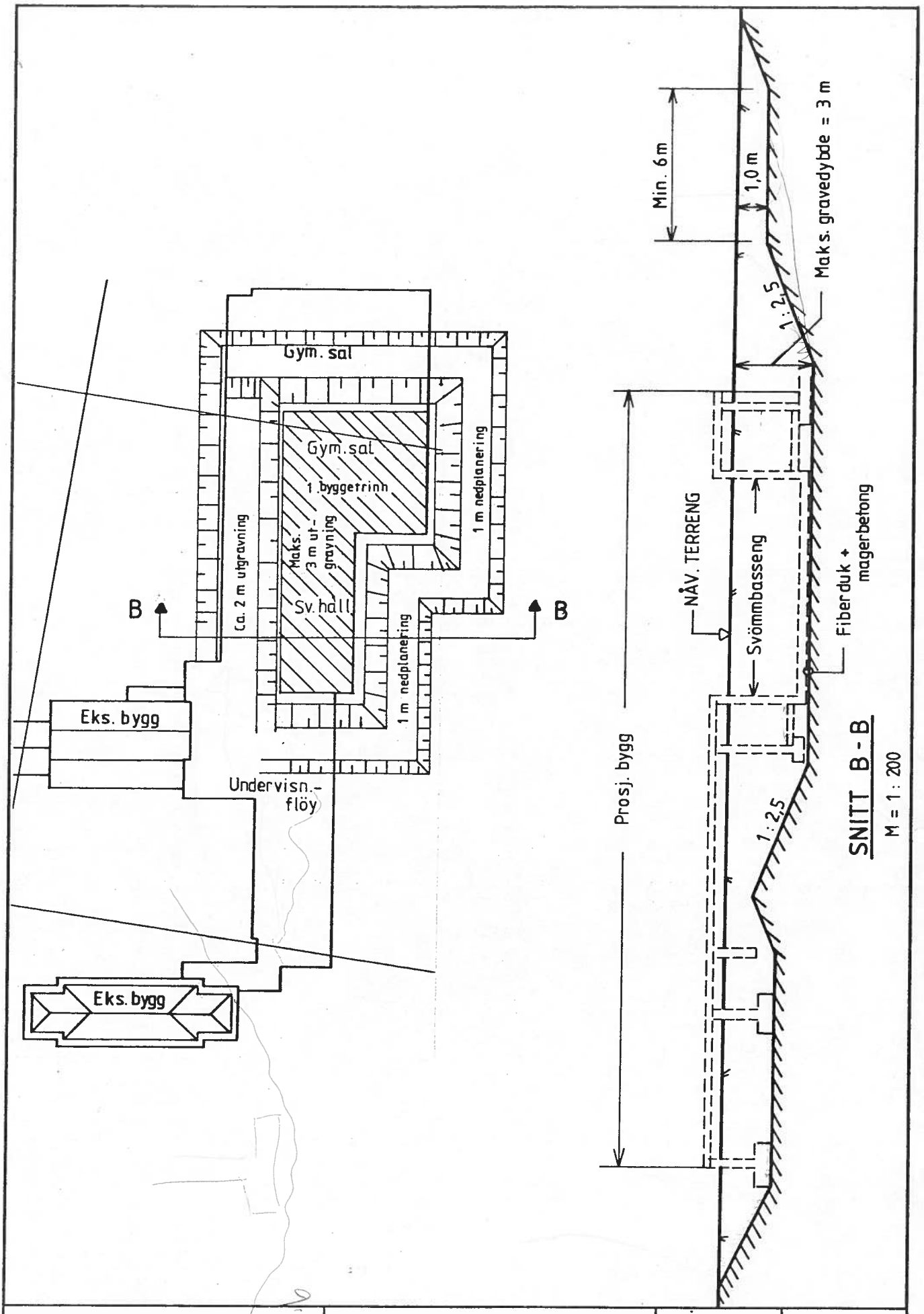




Siv. ing. OTTAR KUMMENEJE TRONDHEIM BODØ — TROMSØ	NESNA PEDAGOGISKE HÖGSKOLE	MÅLESTOKK ———	OPPDRAG 3194
	Treaksialforsök, lab. nr. 13	TEGNET AV K.St./HRJ./00	BILAG 10
		DATO 01. 80	TEGN. NR. 10



Siv. ing. OTTAR KUMMENEJE TRONDHEIM BODØ — TROMSØ	NESNA PEDAGOGISKE HÖGSKOLE	MÅLESTOKK 1 : 1000	OPPDRAG 3194
	Forelöpig prosjekt	TEGNET AV V.S.	BILAG 11
		DATO 08. 02.80	TEGN. NR. 11

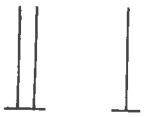


Siv. ing. OTTAR KUMMENEJE TRONDHEIM BODØ — TROMSØ	NESNA PEDAGOGISK HÖGSKOLE	MÅLESTOKK 1 : 200 1 : 1000	OPPDRAG 3197
	Graveplan / prinsippforslag	TEGNET AV H.R.J./V.S.	BILAG 12
		DATO 08.02.80	TEGN. NR. 12

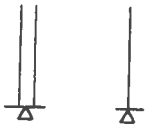
M A R K U N D E R S Ø K E L S E R.

Sonderinger utføres for å få en orientering om grunnens relative fasthet, lagdeling og dybder til antatt fjell eller annen fast grunn.

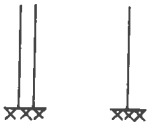
AVSLUTNING AV BORING (GJELDER ALLE SONDERINGS-TYPER).



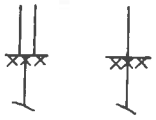
Boring avsluttet (årsak ikke angitt)



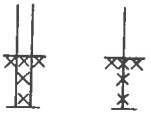
Antatt sten, morene, sand e.l.



Antatt fjell

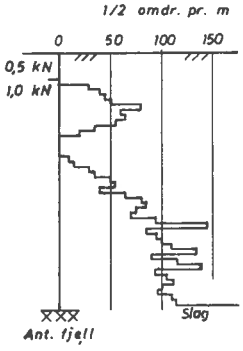


Boret i antatt fjell. (Hvis overgangen er ukjent, settes spørsmålstegn.)



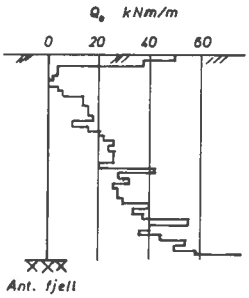
Boret i fjell og kjerne opptatt.

● Dreiesondering
utføres med 22 mm stålstenger med glatte skjøter påsatt en 200 mm lang spiss av firkantstål som er tilspisset i enden og vridd en omdreining.
Boret belastes med inntil 1 kN og hvis det ikke synker for denne last, dreies det ned med motor eller for hånd. Antall halve omdreininger pr. 20 cm synkning noteres. Ved opptegninger vises antall halve omdreininger pr. meter synkning grafisk med dybden i borhullet og belastningen angis til venstre for borhullet.



○ Enkel sondering
består av slagboring med lett fjellboremaskin eller spyleboring til fast grunn eller fjell. Ved slagboring med en spesiell spiss kan nedsynkningshastigheten registeres som funksjon av dybden som uttrykk for boremotstanden. Myrdybden bestemmes ved hjelp av en lett myrdybdeprøvetaker som presses ned til antatt myrbunn hvor prøve tas for kontroll.

▼ Ramsondering
utføres med 32 mm stålstenger med glatte skjøter og en normert spiss.
Boret rammes ned i grunnen av et falllodd med vekt 0,635 kN og konstant fallhøyde 0,6 m. Motstanden mot nedramming registreres ved antall slag pr. 20 cm synkning.



Rammemotstanden

$$Q_o = \frac{\text{Loddvekt x fallhøyde}}{\text{synkning pr. slag}} \text{ (kNm/m) angis i}$$

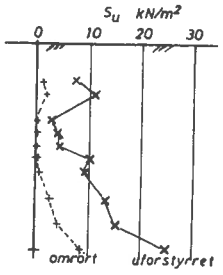
diagram som funksjon av dybden.

✿ Fjellkontrollboring
utføres med 32 mm stenger med muffeskjøter og hardmetallkrone nederst. Boret drives av en tung trykkluftdrevet borhammer under spyling med vann av høyt trykk. Når fjell er nådd, bores noe ned i fjellet, vanligvis ca. 3 meter, under registrering av borsynk for sikker påvisning.

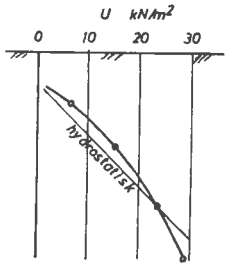
◎ Prøvetaking
utføres for undersøkelse i laboratoriet av grunnens geotekniske egenskaper.
Uforstyrrede prøver tas opp med NGI's 54 mm stempelprøvetaker. Prøvene skjæres ut med tynnveggede stålsylindre med innvendig diameter 54 mm og lengde 80 cm (evt. 40 cm). Prøvene forsegles i begge ender for å hindre uttørking før de åpnes i laboratoriet.

Representative prøver tas med forskjellige typer støtbor- og ram-prøvetaker, ved sandpumpe i nedspylte eller nedrammede foringsrør, av oppspylt materiale ved nedspyling av foringsrør og ved skovlboring i de øvre lag. Slike prøver tas hvor grunnen ikke egner seg for vanlig sylinderprøvetaker og hvor slike prøver tilfredsstiller formålet.

+ Vingeboring
bestemmer udrenert skjærstyrke (s_u) av leire direkte i marken (in situ).
Måling utføres ved at et vingekors, som er presset ned i grunnen, dreies rundt med bestemt jevn hastighet til brudd i leira. Maksimalt dreiemoment gir grunnlag for å beregne leiras udrenerte skjærstyrke, som også måles i omrørt tilstand etter brudd.



⊖ Porevanntrykket
i grunnen måles med et piezometer. Dette består av et sylinderisk filter av sintrert bronse som trykkes eller rammes ned til ønsket dybde ved hjelp av rør. Vanntrykket ved filteret registreres enten hydraulisk som stigehøyden i en plastslange inne i røret (ved overtrykk påsettes manometer over terreng) eller elektronisk ved hjelp av en direkte trykkmåler innenfor filtret.



⊖ Grunnvannstanden observeres vanligvis direkte ved vannstand i borhullet.

SPESIELLE UNDERSØKELSER.

SPESIELLE MARKUNDERSØKELSER.

Feltkompressometer

benyttes for undersøkelse av grunnens kompressibilitet direkte i marken. I prinsippet består utstyret av en skrueplate med diameter 16 cm som kan skrus ned til ønsket dybde.

For hver valgt dybde utføres et belastningsforsøk ved hjelp av en jekk og sammenhengen mellom belastning og setning registreres.

Resultatene fremstilles som deformasjonskurver og derav kan beregnes modultall (m) som uttrykk for grunnens kompressibilitet og benyttes ved setningsberegning.

Permeabilitetsmåling

in situ utføres ved infiltrasjonsforsøk eller prøvepumping. Infiltrasjonsforsøk kan for eksempel utføres ved hjelp av et piezometer som fylles opp med vann og synkehastigheten måles. Ved prøvepumping må vannstanden observeres i flere punkter i forskjellig avstand.

Korrosjonssondering

utføres med en sonde av stål med isolert magnesiumspiss (NGI's type). Strømstyrke og motstand måles i forskjellige dybder i grunnen og derav kan beregnes en relativ depolarisasjonsgrad samt grunnens spesifikke motstand. Ut fra dette kan korrosjonshastigheten for stål vurderes.

Feltkontroll av komprimeringsgrad.

Komprimeringsgraden for oppfylt materiale er forholdet mellom oppnådde tørr-romvekt γ_d ved feltkomprimering og maksimal tørr-romvekt $\gamma_{d\ max}$. bestemt ut fra standardiserte komprimeringsforsøk i laboratoriet.

- Sandvolummeter- og vannvolummetermetoden.

  I felten bestemmes γ_d ved å måle volumet av en utgravd prøve og å veie det utgravde materiale i fuktig og tørr tilstand. Volumet av prøven bestemmes ved å fylle det utgravde hull med en tørr sand med kjent romvekt, eller ved å forsegle hullet og fylle det opp med vann. Ut fra kjente data kan således vanninnhold og tørr-romvekt av det utgravde materialet bestemmes. Denne metode kan benyttes i relativt finkornig og ensgradert materiale.

- Platebelastningsforsøk.

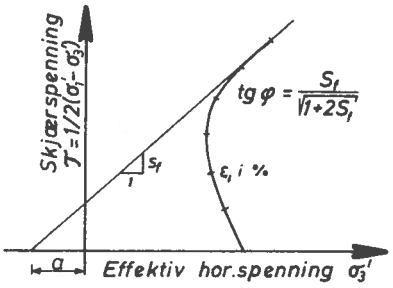
  I grov og samfengt masse (grov grus, finsprengt stein o.lign.) gir sandvolummeter og vannvolummetermetoden utilfredsstillende nøyaktighet, og komprimeringen av slikt materiale undersøkes ved å bestemme oppfyllingens elastisitetsmodul ut fra platebelastningsforsøk.

  En sirkulær plate med Ø = 30 cm plasseres på den komprimerte grunnen og belastes trinnvis samtidig som nedbøyning av platen måles med spesielt måleutstyr. Samhørende verdier for belastning og nedbøyning avsettes i diagram og elastisitetsmodulen E beregnes. Den målte elastisitetsmodul sammenholdes med oppsatte krav til elastisitetsmodul ut fra aktuelle belastningsforhold, og forholdet mellom disse verdier betegnes komprimeringsgrad.

SPESIELLE LABORATORIEUNDERSØKELSER.

Skjærstyrkeparametrene,

friksjonsvinkel (φ) og attraksjon (a i KN/m^2, evt. kohesjon c = a·tg φ) bestemmes ved triaksialforsøk på små prøver i laboratoriet. En sylindrisk prøve konsolideres for et allsidig trykk og vertikalbelastningen økes deretter til brudd. Under forsøket måles poretrykk, slik at effektive spenninger kan beregnes (totaltrykk minus poretrykk).



Forsøket fremstilles oftest som en vektor i et hovedspenningsdiagram.

Permeabilitetskoeffisienten

(k i cm/s) er strømningshastigheten for vann gjennom materialet ved en hydraulisk gradient lik 1,0. I laboratoriet måles permeabiliteten ved direkte vanngjennomgangsforsøk på små prøver for konstant eller fallende potensial. Dette kan gjøres i triaksialapparatur for finkornige prøver eller i større apparatur for mer grovkornige prøver.

Maksimal tørr-romvekt og optimalt vanninnhold etter Proctor-metoden.

Ved komprimering av jordartsmateriale oppnåes tetteste lagring av mineralkornene, dvs. høyest tørr-romvekt, når vanninnholdet i materialet har en bestemt verdi under komprimeringsarbeidet. Materialets egenskaper som stabilitet øker,og kompressibiliteten avtar med økende lagringstetthet.

I laboratoriet bestemmes det optimale vanninnholdet ved å komprimere prøver av materialet med varierende vanninnhold etter en standardisert forskrift, Proctormetoden. De samhørende verdier for prøvenes vanninnhold og tørr-romvekt beregnes og plottes i et diagram med tørr-romvekt som funksjon av vanninnholdet. Den høyest oppnådde tørr-romvekt betegnes som $\gamma_{d\ max}$.og det tilhørende vanninnhold W_{opt}.

CBR-forsøk.

For materialer som inngår i veg- og eller flyplassoverbygning, eller trafikkbelastet grunn forøvrig, kan dimensjonerende bæreevne semiempirisk bestemmes ut fra belastningsforsøk etter CBR-metoden (California Bearing Ratio).

Materialet som skal undersøkes komprimeres lagvis ved optimalt vanninnhold i en sylinder med volum ca. 2,3 l. Komprimeringsarbeidet tilsvarer Modifisert Proctor. Deretter settes sylinderen med prøve i vannbad i 96 timer for fullstendig vannmetning. Etter vannmetning påføres prøven belastning ved at et stempel med areal 3 inch^2 med konstant bevegelseshastighet = 0,05 inch pr. min. presses ned i denne. Rundt stempelet på prøvens overflate er prøven belastet med blyringer med vekt som tilsvarer vekten av evt. overbygning. Stempelkraften ved 0,1" og 0,2" inntrykking av stempelet registreres og sammenlignes med verdier for tilsvarende inntrykking på et referansemateriale. Forholdet mellom den avleste kraft og referansekraften beregnes i prosent og betegnes CBR-verdi. Dersom CBR-verdien ved 0,2" er høyere enn ved 0,1" stempelinntrykking kan denne verdien rapporteres som materialets CBR-verdi hvis dette forhold bekreftes ut fra forsøk på 2 prøver.

L A B O R A T O R I E U N D E R S Ø K E L S E R.

Ved åpning av prøven beskrives og klassifiseres jordarten. Videre kan bestemmes :

Romvekt
(γ i kN/m^3) for hel sylinder og utskåret del.

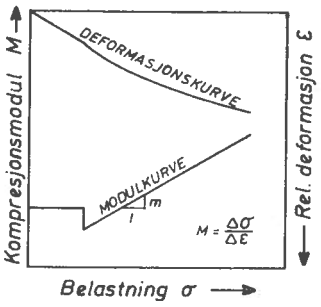
Vanninnhold
(w i %) angitt i prosent av tørrvekt etter tørking ved 110 °C.

Flytegrense
(w_L i %) og utrullingsgrense (w_p i %) som angir henholdsvis høyeste og laveste vanninnhold for plastisk (formbart) område av leirmateriale. Differansen $w_L - w_p$ benevnes plastisitetsindeks. Er det naturlige vanninnhold over flytegrensen, blir materialet flytende ved omrøring.

Udrenert skjærstyrke
(s_u i kN/m^2) av leire ved hurtige enaksiale trykkforsøk på uforstyrrede prøver med tverrsnitt 3,6 x 3,6 cm^2 (evt. hel prøve) og høyde 10 cm. Skjærstyrken settes lik halve trykkfastheten. Dessuten måles skjærstyrken i uforstyrret og omrørt tilstand ved konusforsøk, hvor nedsynkningen av en konus med bestemt form og vekt registreres og skjærstyrken tas ut av en kalibreringstabell. Penetrometer, som også er en indirekte metode basert på innsynkning, brukes særlig på fast leire.

Sensitiviteten (S)
er forholdet mellom udrenert skjærstyrke av uforstyrret og omrørt materiale, bestemt på grunnlag av konusforsøk i laboratoriet. Med kvikkleire forstås en leire som i omrørt tilstand er flytende, omrørt skjærstyrke < 0,5 kN/m^2.

Kompressibilitet
av en jordart ved ødometerforsøk. En prøve med tverrsnitt 20 cm^2 og høyde 2 cm belastes trinnvis i et belastningsapparat med observasjon av sammentrykningen for hvert trinn som funksjon av tiden. Resultatet tegnes opp i en deformasjons- og modulkurve og gir grunnlag for setningsberegning.



Humusinnhold
(relativt) ut fra fargeomslag i en natronlutoppløsning.

En nøyaktigere metode er våt-oksydasjon med hydrogenperoksyd der humusinnholdet settes lik vekttapet (evt.glødetapet ved humusrike jordarter) og uttrykkes i vektprosent av tørt materiale.

Saltinnhold
(g/l eller o/oo) i porevannet ved titrering med sølvnitrat-oppløsning og kaliumkromat som indikator.

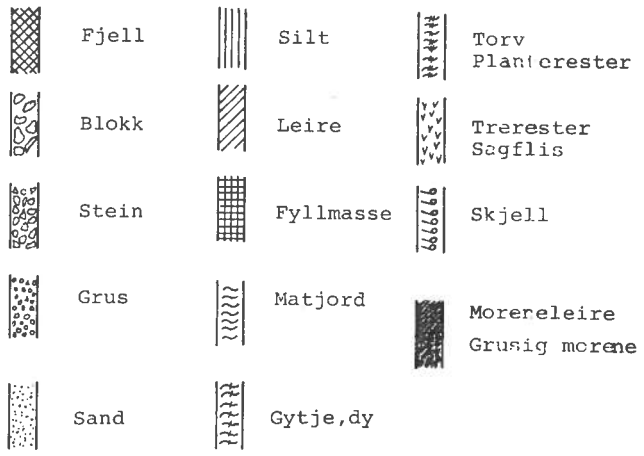
Kornfordeling
ved sikting av fraksjonene større enn 0,06 mm. For de finere partikler bestemmes den ekvivalente korndiameter ved hydrometeranalyse. En kjent mengde materiale slemmes opp i vann og romvekten av suspensjonen måles i en bestemt dybde som funksjon av tiden. Kornfordelingen kan så beregnes ut fra Stoke's lov om kulers sedimentasjonshastighet.

Fraksjonsbetegnelse	Leir	Silt	Sand	Grus	Stein	Blokk
Kornstørrelse mm	< 0,002	0,002-0,06	0,06-2	2-60	60-600	>600

Jordarten
benevnes i henhold til korngraderingen med substantiv for den dominerende og adjektiv for medvirkende fraksjon. Jordarten angis som leire når leirinnholdet er over 15%. Morene er en usortert breavsetning som kan inneholde alle kornstørrelser fra leir til blokk.

Organiske jordarter
klassifiseres etter opprinnelse og omdanningsgrad (torv. gytje, dy, matjord).

Materialsignatur:



Anmerkning

T = tørrskorpe

– Leire: R = resedimenterte masser

K = kvikkleire

– Ved blandingsjordarter kombineres signaturene.

– Morene vises med skyggelegging.

– For konkresjoner kan bokstavsymboler settes inn i materialsignaturen:

Ca = kalkkonkresjoner

Fe = jernkonkresjoner

AH = aurhelle